

MATERIAL POSITION TRACKING FOR MANUFACTURING PLANT

Michal Sládeček

Magister Degree Programme (2), FEEC BUT

E-mail: xslade18@stud.fit.vutbr.cz

Supervised by: Edita Hejátková

E-mail: hejotka@feec.vutbr.cz

Abstract: This article describes implementation of an indoor positioning system for tracking the location and movement of material and products through the manufacturing plant. The system is designed with regards to simple installation and low overall implementation costs. It utilizes method of Wi-Fi and magnetic field fingerprinting. The system employs a client hardware (active tag with Wi-Fi module and sensors designed for this project) communicating with a server software which does the mapping and fingerprinting processing. Final positioning data are then collected for further data analysis aiming to improve efficiency of manufacturing processes.

Keywords: Accelerometer, Fingerprinting, Indoor Localization, Magnetic field, Magnetometer, WiFi

1 ÚVOD

Z důvodu zefektivňování výroby je vhodné sledovat a analyzovat pohyb materiálu a právě vyrobených kusů ve výrobní hale. Z těchto dat lze analýzou odhalit možné chyby operátorů, špatné nastavení výrobního procesu či zbytečné prostoje. Ve většině případů se výrobky po výrobní hale přesunují pomocí vozíků či krabic, na které se může upevnit jakákoliv bezdrátová elektronika. Takový elektronický tag pak následně může zprostředkovávat lokalizační data (v závislosti na vybrané technologii) a následně je odesílat na serverovou část systému. Na serverové části se z naměřených lokalizačních dat dokáže dopočítat poloha tagu v okamžiku měření. Poziční data se poté uloží do databáze pro další zpracování. Tento systém se souhrnně nazývá Indoor Positioning System (IPS) a cílem této práce je implementace takového systému do reálného prostředí výrobní firmy.

2 VÝBĚR LOKALIZAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

Existuje několik technologií uzpůsobených pro vnitřní lokalizaci. Tyto technologie se liší náročností implementace a dosažitelnou přesností. Většina používaných technologií IPS využívá rádiový přenos - buď k přímému měření vzdálenosti (trilaterace, triangulace), nebo k mapování intenzit signálů v prostoru (fingerprinting). Jiné technologie využívají prostorové měření fyzikálních veličin, například magnetického pole.

Mezi rádiové technologie patří například Ultra-Wideband, která má vysokou přesnost, ale také nákladnou implementaci. Alternativou je technologie Wi-Fi fingerprinting, který využívá již existující infrastrukturu lokální sítě podniku, nicméně poskytuje řádově nižší přesnost. Kompletní porovnání všech technologií pro vnitřní lokalizaci je uvedeno v mé semestrální práci [1].

V rámci tohoto projektu byla vybrána technologie Wi-Fi z důvodu jednoduché implementace. Nízká přesnost je kompenzována využitím sekundárního systému založeném na měření magnetických anomálií zemského pole.

3 METODA SCHROMAŽDOVÁNÍ ÚROVNÍ SIGNÁLU WI-FI (FINGERPRINTING)

Metoda se sestává ze dvou částí. V první části je nutno sestavit referenční databázi, která je složena z údajů úrovně signálů jednotlivých vysílačů (RSSI) v pokrývaném prostoru. Databáze se vytváří rozdělením prostoru na co nejmenější bloky. V každém takovém bloku je nutné následně změřit sílu signálů (opakovaným měřením se zajišťuje lepší přesnost). Ke každému naměřenému bodu se následně přiřazuje reálná poloha (x, y). Ve druhé části pak již probíhá samotná lokalizace z hodnot intenzit signálů naměřených lokalizační jednotkou, které se vyhodnocují skrze různé klasifikátory. Mezi nejvyužívanější klasifikátory se řadí například k-nearest neighbors, jrip, random forest, či Bayesova síť. Každý z těchto klasifikátorů dosahuje různé přesnosti v závislosti na vstupních datech. Celková přesnost této metody je výrazně snižována vícecestným šířením signálu, které způsobuje vysoký rozptyl hodnot intenzit signálu v sousedních blocích mapy. Pro vzdálené bloky však tato technologie funguje spolehlivěji.

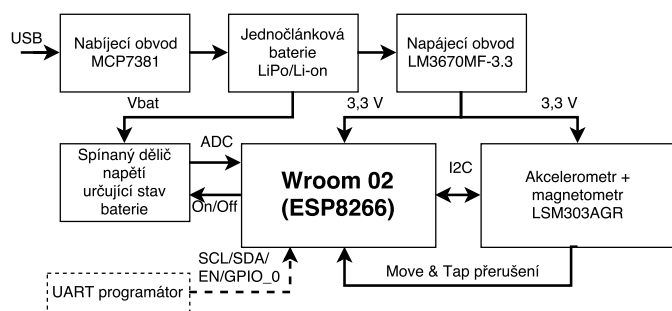
4 MĚŘENÍ MAGNETICKÝCH VELIČIN

V případě navigace ve vnitřních prostorech se využívá měření magnetických anomálií zemského pole způsobených stavebními materiály a konstrukčními prvky budovy. Data naměřená v takovém prostoru se dají porovnat s mapou budovy a to lze využít k lokalizaci. Konstrukce většiny průmyslových budov je tvořena opakujícími se konstrukčními částmi, takže se anomálie opakují, což snižuje přesnost pro velké plochy. Na malých plochách se však tato technologie jeví jako relativně přesná a proto je vhodným doplňkem k Wi-Fi otisku. [2]

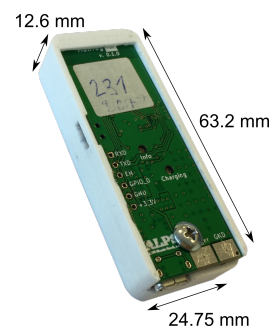
Systém založený na obou výše zmíněných metodách vyžaduje aktualizace mapy v případě strukturálních změn interiéru, či samotné stavby, nebo změn ve Wi-Fi infrastruktuře.

5 LOKALIZÁTOR

Většina projektů na bázi otisku RSSI využívá pro mapování i samotnou lokalizaci jako terminál mobilní telefon [3]. V případě této implementace byl z cenových důvodů mobilní telefon nahrazen jednoúčelovým tagem. Tento tag obsahuje Wi-Fi modul fungující zároveň jako MCU, akcelerometr a magnetometr. Je napájen z baterie s možností dobíjení a zjištění stavu. Zařízení musí být úsporné natolik, aby vydrželo pracovat alespoň jednu pracovní směnu (8 hodin). Energetickou nenáročnost zaručuje implementovaný akcelerometr, který probouzí procesor pouze je-li zařízení v pohybu.



Obrázek 1: Blokové schéma lokalizátoru



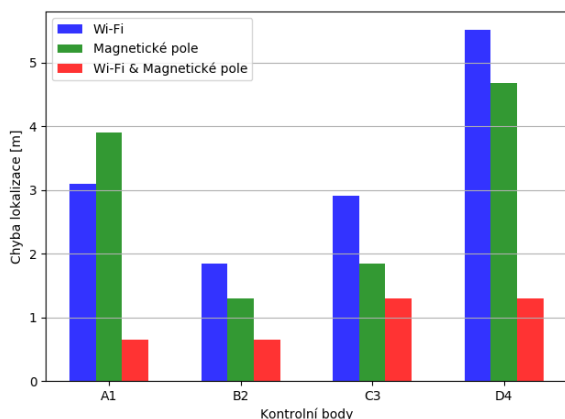
Obrázek 2: Prototyp zařízení

5.1 TESTOVÁNÍ LOKALIZACE

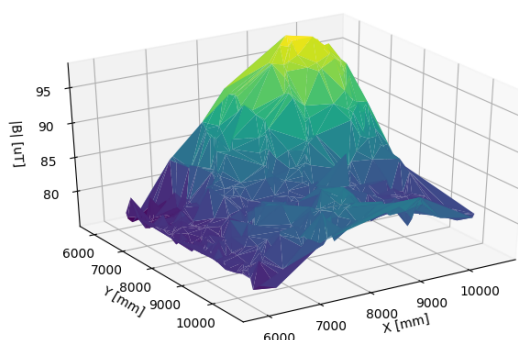
Nejdříve byla otestována schopnost lokalizace pouze skrze technologii Wi-Fi při využití serverové části z projektu Find [4]. Přesnost zaměření byla zatížena chybou až 5 metrů. Proto byl pro zpřesnění použit jako zdroj lokalizačních dat také již diskutovaný magnetometr. Přehled dosažených chyb u

vybraných kontrolních bodů v závislosti na použité technologii je znázorněn na obrázku 3. Z grafu je zřejmé, že po přidání magnetického měření se výsledná přesnost zvýší.

Pro správnou detekci magnetických anomálií v jakémkoliv natočení zařízení vzhledem k magnetickému severu, je nutné dodržovat striktní podmínky pro kalibraci přístroje. Pro kalibraci magnetometru se nejvíce osvědčila metoda přizpůsobení kalibračních dat na elipsu. Díky takto dopočítaným kompenzacím je možné potlačit jak hard-iron (ovlivněno magnetickými zdroji v okolí zařízení) tak soft-iron (ovlivněno obvodovými prvky a strukturou zařízení) defekty v měření. Na obrázku 4 je znázorněn změřený otisk magnetických anomálií v testovacím poli ve výrobních prostorách firmy Alps Electric.



Obrázek 3: Chyba určení lokace v kontrolních bodech



Obrázek 4: Naměřená intenzita magnetického pole v testovacím poli 5 x 5 metrů

6 ZÁVĚR

V rámci projektu došlo k implementaci lokalizačního systému na bázi Wi-Fi fingerprintingu. Během testování bylo zjištěno, že pouze tato technologie nedosahuje přesnosti požadované pro sledování pohybu materiálu po výrobní hale. Po doplnění systému o měření magnetického pole však již přesnost zaměření vyhovuje podmínkám zadání. V dalších krocích bude projekt směřován k dokončení serverové části, sběru dat a popřípadě návrhu metod pro automatizaci mapování.

REFERENCE

- [1] SLÁDEČEK, M. Sledování pohybu materiálu v průběhu výroby. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2018. 51 s. Vedoucí semestrální práce Ing. Edita Hejátková.
- [2] Ban, Ryoji, et al. "Indoor positioning method integrating pedestrian Dead Reckoning with magnetic field and WiFi fingerprints." Mobile Computing and Ubiquitous Networking (ICMU), 2015 Eighth International Conference on. IEEE, 2015.
- [3] Liu, H.; Darabi, H.; Banerjee, P.; aj.: Survey of wireless indoor positioning techniques and systems. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C (Applications and Reviews), ročník 37, č. 6, 2007: s. 1067–1080.
- [4] FIND v. 3 | The framework for inertial navigation and discovery. [online]. [cit.14.3.2018]. URL <https://www.internalpositioning.com/>